

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-246054  
(P2002-246054A)

(43) 公開日 平成14年8月30日 (2002.8.30)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

H 0 1 M 8/04

識別記号

F I

H 0 1 M 8/04

テーマコード\* (参考)

Y 5 H 0 2 7

K

T

審査請求 未請求 請求項の数4 O L (全6頁)

(21) 出願番号

特願2001-35935(P2001-35935)

(22) 出願日

平成13年2月13日 (2001.2.13)

(71) 出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 今村 朋範

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内

(72) 発明者 佐々木 博邦

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内

(74) 代理人 100100022

弁理士 伊藤 洋二 (外2名)

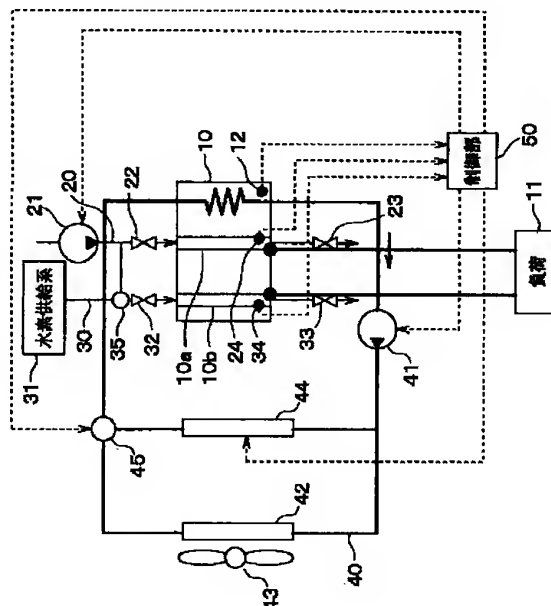
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 燃料電池システム

(57) 【要約】

【課題】 低温環境下で使用される燃料電池システムにおいて、運転停止の際、短時間で燃料電池内部の水分を除去することが可能な燃料電池システムを提供する。

【解決手段】 燃料電池10に冷却水を循環させる冷却水経路40には、燃料電池10の通常運転時に冷却水を冷却する冷却部42、43と、水分除去運転時に冷却水を加熱する加熱部44が設けられており、冷却水の流路は冷却部42、43側あるいは加熱部44側に切り替え可能に構成されている。燃料電池10の通常運転終了後、空気経路20および水素経路30に所定の乾燥空気を供給するとともに、冷却水の流路を加熱部44側に切り替えることで燃料電池10を所定温度に加熱する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 水素と酸素とを電気化学反応させて電力を得る燃料電池（10）を備える燃料電池システムであって、

前記燃料電池（10）に供給される酸素が通過する空気経路（20）と、

前記燃料電池（10）に供給される水素が通過する水素経路（30）と、

前記燃料電池（10）を加熱する加熱手段（44）とを備え、

前記燃料電池（10）の通常運転停止後、前記空気経路（20）および前記水素経路（30）に所定の乾燥ガスを供給するとともに、前記加熱手段（44）により前記燃料電池（10）を所定温度に加熱することを特徴とする燃料電池システム。

【請求項 2】 前記乾燥ガスは空気であることを特徴とする請求項 1 に記載の燃料電池システム。

【請求項 3】 前記燃料電池（10）に冷却水を循環させる冷却水循環経路（40）と、

前記冷却水経路（40）に設けられ、前記燃料電池（10）の通常運転時に前記冷却水を冷却する冷却部（42、43）とを備え、

前記加熱手段は、前記冷却水経路（40）において前記冷却部（42、43）と並列的あるいは直列的に設けられ、前記冷却水を加熱する加熱部（44）であって、前記冷却水の流路は前記冷却部（42、43）側あるいは前記加熱部（44）側に切り替え可能に構成されており、

前記燃料電池（10）の通常運転終了後、前記燃料電池（10）を加熱する際に、前記冷却水の流路を前記加熱部（44）側に切り替えることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の燃料電池システム。

【請求項 4】 前記燃料電池（10）の温度を検出する温度センサ（12）を備え、

前記温度センサ（12）により検出した温度に基づいて前記加熱手段（44）による前記燃料電池（10）の加熱温度を制御することを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 つに記載の燃料電池システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、水素と酸素との化学反応により電気エネルギーを発生させる燃料電池からなる燃料電池システムに関するもので、車両、船舶及びポータブル発電器等の移動体に適用して有効である。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、水素と酸素（空気）との電気化学反応を利用して発電を行う燃料電池を備えた燃料電池システムが知られている。例えば車両用等の駆動源として考えられている高分子電解質型燃料電池では、0℃以下の低温状態では、電極近傍に存在している水分が凍

結して反応ガスの拡散を阻害したり、電解質膜の電気伝導率が低下するという問題がある。

【0003】このような低温環境下で燃料電池を起動する際、凍結による反応ガス経路の目詰まりあるいは電解質膜への反応ガス（水素および空気）の進行・到達の阻害により、燃料ガスを供給しても電気化学反応が進行せず、燃料電池を起動できないという問題がある。さらに、反応ガス経路内で結露した水分の凍結によるガス経路の閉塞も生ずる。

10 【0004】燃料電池内部での凍結を防止して低温起動性を向上させるためには、低温環境下に凍結する水分を予め燃料電池内部から除去しておくことが望まれる。このために、燃料電池内に空気を供給することで、空気流によって燃料電池内の水分を除去することが考えられる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところが、空気流によって燃料電池内の水分を除去する場合には、水分蒸発の際に蒸発潜熱によって熱が奪われ、燃料電池内部の温度が低下してしまうこととなる。これにより、水分の蒸発量が低下して燃料電池内の水分除去に時間がかかるという問題がある。

【0006】本発明は、上記問題点を鑑み、低温環境下で使用される燃料電池システムにおいて、運転停止の際、短時間で燃料電池内部の水分を除去できることが可能な燃料電池システムを提供することを目的とする。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項 1 に記載の発明では、水素と酸素とを電気化学反応させて電力を得る燃料電池（10）を備える燃料電池システムであって、燃料電池（10）に供給される酸素が通過する空気経路（20）と、燃料電池（10）に供給される水素が通過する水素経路（30）と、燃料電池（10）を加熱する加熱手段（44）とを備え、燃料電池（10）の通常運転停止後、空気経路（20）および水素経路（30）に所定の乾燥ガスを供給するとともに、加熱手段（44）により燃料電池（10）を所定温度に加熱することを特徴としている。

40 【0008】このようにガス供給と同時に燃料電池（10）を加熱することで、水分除去運転時において、水分蒸発に伴い燃料電池温度が低下してしまうことを防止できる。これにより、燃料電池（10）内部の残留水分の蒸発を促進することができ、短時間で燃料電池（10）内部の水分除去を行い、燃料電池の凍結を回避して低温下での燃料電池（10）の起動性を向上させることができる。

50 【0009】また、請求項 2 に記載の発明では、乾燥ガスは空気であることを特徴としている。このように空気をを用いることで、特別なガス供給装置を設けることなく水分除去を行うことができる。また、乾燥した空気は

通常運転時に行っている空気に対する加湿を行わないことにより提供することができる。

【0010】また、請求項3に記載の発明では、燃料電池(10)に冷却水を循環させる冷却水循環経路(40)と、冷却水経路(40)に設けられ、燃料電池(10)の通常運転時に冷却水を冷却する冷却部(42、43)とを備え、加熱手段は、冷却水経路(40)において冷却部(42、43)と並列的あるいは直列的に設けられ、冷却水を加熱する加熱部(44)であって、冷却水の流路は冷却部(42、43)側あるいは加熱部(44)側に切り替え可能に構成されており、燃料電池(10)の通常運転終了後、燃料電池(10)を加熱する際に、冷却水の流路を加熱部(44)側に切り替えることを特徴としている。

【0011】このような構成により、既存の燃料電池冷却システムを利用し、これに冷却水の加熱部(44)を追加するだけの簡易な構成で燃料電池(10)を加熱することができる。

【0012】また、請求項4に記載の発明では、燃料電池(10)の温度を検出する温度センサ(12)を備え、温度センサ(12)により検出した温度に基づいて加熱手段(44)による燃料電池(10)の加熱温度を制御することを特徴としている。これにより、燃料電池温度を燃料電池(10)の電解質膜等を破壊しない範囲で効率よく残留水を蒸発させることができる温度に保つことができる。

【0013】なお、上記各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示すものである。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態を図1、図2に基づいて説明する。本実施形態は、燃料電池システムを燃料電池を電源として走行する電気自動車(燃料電池車両)に適用したものである。

【0015】図1は、本実施形態の燃料電池システムの全体構成を示している。図1に示すように、本実施形態の燃料電池システムは、水素と酸素との電気化学反応を利用して電力を発生する燃料電池(FCスタック)10を備えている。FCスタック10は、車両走行用の電動モータ(負荷)11や図示しない2次電池等の電気機器に電力を供給するように構成されている。

【0016】FCスタック10では、以下の水素と酸素の電気化学反応が起こり電気エネルギーが発生する。

(負極側)  $H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$

(正極側)  $2H^+ + 1/2 O_2 + 2e^- \rightarrow H_2O$

本実施形態ではFCスタック10として固体高分子電解質型燃料電池を用いており、基本単位となるセルが複数積層されて構成されている。各セルは、電解質膜が一对の電極で挟まれた構成となっている。また、FCスタック10には、FCスタック本体の温度を検出するための

温度センサ12が設けられている。

【0017】燃料電池システムには、FCスタック10の酸素極(正極)10a側に空気(酸素)を供給するための空気経路20と、FCスタック10の水素極(負極)10b側に水素を供給するための水素経路30が設けられている。空気経路20には空気供給用の空気圧送用の送風機(ガス圧縮機)21が設けられている。水素経路30には水素供給装置31より水素が供給される。

【0018】発電時における電気化学反応のために、FCスタック10内の電解質膜を水分を含んだ湿潤状態にしておく必要がある。このため、通常運転時には、図示しない加湿装置により空気経路20の空気および水素経路30の水素に加湿が行われ、FCスタック10には加湿された空気および水素が供給される。これにより、FCスタック10内部は湿潤状態で作動することとなる。また、酸素極10a側では上記電気化学反応により水分が生成する。

【0019】また、後述の水分除去運転時には、FCスタック10には、加湿されない乾燥空気と加湿されない乾燥水素が供給される。これらの乾燥ガスは、FCスタック10内に残留する水分を除去するために、できるだけ低湿度であることが望ましく、少なくともFCスタック10内の湿度より低湿度である必要がある。

【0020】空気経路20における両端部には、空気経路20を遮断するためのシャットバルブ22、23が設けられている。これらのシャットバルブ22、23を閉じることで、FCスタック10内部および空気経路20内部を外気から遮断することができる。水素経路30の両端部にも、同様のシャットバルブ32、33が設けられている。

【0021】また、空気経路20と水素経路30は、FCスタック10の上流側において接続されている。水素経路30における接続部には、水素経路切替弁35が設けられている。水素経路切替弁35を切り替えることにより、通常運転時には水素経路30に水素供給装置31からの水素を流し、水分除去運転時には水素経路30に空気経路20からの空気を流すことができる。

【0022】FCスタック10には、FCスタック10内部の酸素極10aおよび水素極10bに存在する残留水分を検出するための水分センサ24、34が設けられている。本実施形態では、水分センサ24、34として湿度センサを用いている。湿度センサ24、34は、FCスタック10内部の湿度を適切に検出するために、酸素極10aおよび水素極10bにおけるFCスタック10出口付近に設けることが望ましい。

【0023】FCスタック10は発電に伴い発熱を生じる。このため、燃料電池システムには、FCスタック10を冷却して作動温度が電気化学反応に適温(80℃程度)となるよう冷却システム40～45が設けられている。

【0024】冷却システムには、FCスタック10に冷却水（熱媒体）を循環させる冷却水経路40、冷却水を循環させるウォータポンプ41、ファン43を備えたラジエータ42が設けられている。ラジエータ42およびファン43で冷却部を構成している。

【0025】FCスタック10で発生した熱は、冷却水を介してラジエータ42で系外に排出される。このような冷却系によって、ウォータポンプ41による流量制御、ラジエータ42およびファン43による風量制御でFCスタック10の冷却量制御を行うことができる。

【0026】また、本実施形態の冷却システムには、冷却水を加熱するための加熱部（加熱手段）44がラジエータ43と並列的に設けられている。加熱部43としては、例えば電気式ヒータ、燃焼式ヒータ、触媒ヒータ等を用いることができる。このような構成により、加熱部44による冷却水の加熱量制御、ウォータポンプ41による流量制御によって、FCスタック10の加熱量制御を行うことができる。

【0027】冷却水の流路は、冷却水切替弁45によってラジエータ43側と加熱部44側に切り替えられる。FCスタック10の通常運転時には、冷却水切替弁45はラジエータ43側に切り替えられ、FCスタック10は冷却される。一方、本実施形態におけるFCスタック10の水分除去運転時には、冷却水切替弁45は加熱部44側に切り替えられ、FCスタック10は加熱される。

【0028】本実施形態の燃料電池システムには各種制御を行う制御部（ECU）50が設けられている。制御部50には、負荷11からの要求電力信号、温度センサ12からの温度信号、水分センサ24、34からの残留水分量信号等が入力される。また、制御部50は、2次電池、送風機21、ウォータポンプ41、ラジエータファン43、加熱部44、冷却水切替弁45等に制御信号を出力するように構成されている。

【0029】次に、上記構成の燃料電池システムにおける水分除去制御を図2に基づいて説明する。図2は燃料電池システムの水分除去制御を示すフローチャートである。

【0030】まず、通常運転停止後にFCスタック10内の水分除去（水分パージ）が必要か否かを判定する（ステップS10）。水分除去を行うか否かの判定は、運転停止時の環境温度（外気温）や季節情報等を考慮して行う。すなわち、環境温度が0℃以下であるか、あるいは冬季等であり気温の低下が予測されるいった条件に基づいて水分除去運転の必要性についての判定を行う。当然のことながら、夏場などの条件では凍結のおそれがないため、水分運転は必要とならない。

【0031】また、FCスタック10の運転停止時に、運転者によるFCスタック10停止時間の予想時間を入力するように構成してもよい。これは、FCスタック1

0の停止時に環境温度が氷結点以下であったとしても、FCスタック10の予熱が十分あるため、瞬時にFCスタック10が氷結点以下とはならず、しばらくは高温が維持されるためである。従って、10時間程度（一昼夜）の停止時間内であれば、運転停止時の残留水除去を行う必要がない。

【0032】上記ステップS10で水分除去運転が必要と判定された場合には、冷却水切替弁45を加熱部44側に切り替える（ステップS11）。これにより、冷却水が加熱部44により加熱されることとなる。なお、FCスタック10は既に発電を停止しているため、冷却水切替弁45等は2次電池からの電力供給により作動する。

【0033】次に、水素経路切替弁35を空気経路20側に切り替え（ステップS12）、送風機21による送風制御を行う（ステップS13）。これにより、空気経路20および水素経路30に空気が供給される。このとき空気に加湿は行われず、FCスタック10の酸素極10aおよび水素極10bには乾燥空気が供給される。これにより、FCスタック10内に液滴として存在している水分は、空気流によってFCスタック10外に吹き飛ばされる。

【0034】次に、水分センサ24、34にてFCスタック10内の残留水分量を検出し（ステップS14）、残留水分量が所定量より少なく凍結範囲を下回っているかを判定する（ステップS15）。

【0035】FCスタック10内の残留水分量が凍結範囲を下回っている場合には、空気経路20および水素経路30の両端部に設けられたシャットバルブ22、23、32、33を閉じる（ステップS16）。これにより、FCスタック10内部、空気経路20内部、水素経路30内部が外気から遮断され、外部環境からの水分侵入を防ぐことができる。

【0036】この結果、FCスタック10内の残留水分量が凍結範囲を超えている場合には、以下のステップS17～S21のFCスタック温度制御を行い、FCスタック10を加熱して残留水分を蒸発除去する。

【0037】まず、温度センサ12によりFCスタック10本体の温度Tを検出し（ステップS17）、FCスタック温度Tが目標温度Trを上回っているかを判定する（ステップS18）。目標温度Trは、FCスタック10内の水分を蒸発させるためにできるだけ高い方が好ましい。しかしながら、目標温度Trをあまり高温に設定すると加熱部44の体格増大を招くとともに、FCスタック10内部の電解質膜が破壊される。従ってこれらの不具合を防止するために、目標温度Trは80～100℃に設定される。

【0038】FCスタック温度Tが目標温度Trを上回っている場合には、加熱部44による冷却水加熱量をゼロに設定し（ステップS19）、FCスタック温度Tが

10

20

30

40

50

目標温度を下回っている場合には、加熱部 44 による冷却水加熱量を  $K(T_r - T)$  [ $K$ : 比例定数] に設定する (ステップ S20)。次に、ウォータポンプ 41 により冷却水の循環量を制御する (ステップ S21)。これにより、FC スタック温度  $T$  が目標温度  $T_r$  となるように温度制御される。以上の温度制御の後、上記ステップ S14 に戻る。

【0039】以上のステップ S17～S21 の FC スタック温度制御を行うことにより、水分蒸発に伴って温度低下することなく、FC スタック 10 内部を高温に保つことができる。これにより、FC スタック 10 内部において残留水の蒸発が促進される。蒸発した残留水は、空気経路 20 および水素経路 30 より供給される空気に含まれた状態で FC スタック 10 の外部に排出される。このとき、空気経路 20 および水素経路 30 より乾燥空気を供給しているので、FC スタック 10 内を効率よく乾燥させることができる。

【0040】(他の実施形態) なお、上記実施形態では、FC スタック 10 内の残留水分量を検出する水分センサ 24、34 として湿度センサを用いたが、これに限らず、例えば水分センサとして FC スタック 10 内部における電解質膜の電気抵抗の変化を測定することによっても、FC スタック 10 内部の残留水分量を検出することができる。

【0041】また、FC スタック 10 を構成する個々のセルにおいて、少なくとも一部が水分除去されていればよい。セルの一部が乾燥していれば、その乾燥部分に水素および空気を供給することで発電を開始できる。セルの一部にて発電が開始されれば、発電に伴う発熱により他の部分を昇温させることができ、セル全体で発電を行うことができるようになる。

【0042】また、上記実施形態では、水分除去運転時に空気経路 20 および水素経路 30 から乾燥空気を供給

したが、これに限らず、例えば窒素といった任意のガスを供給するように構成してもよい。

【0043】また、上記ステップ S16 で検出した FC スタック温度  $T$  が電解質膜を破壊する温度 (例えば 150℃) 以上である場合には、冷却水切替弁 45 をラジエータ側に切り替え、冷却水を積極的に冷却して FC スタック 10 を冷却するように構成してもよい。

【0044】また、上記実施形態では、冷却水を加熱する加熱部 44 をラジエータ 43 と並列的に設けたが、これに限らず、冷却水経路 40 において加熱部 44 をラジエータ 43 と直列的に設けてもよい。この場合には、図 1 の燃料電池システムの構成において、加熱部 44 側とラジエータ側との分岐点の上流側であってウォータポンプ 41 の下流側に加熱部 44 を移動させればよい。このような構成の場合、加熱部 44 が設けられていた経路は、冷却水をラジエータ 42 をバイパスさせるためのバイパス経路となる。このような構成により、通常運転終了後の水分除去制御を行う際、加熱部 44 を通過して加熱された冷却水は、バイパス通路を通過してラジエータ 42 をバイパスする。

【図面の簡単な説明】

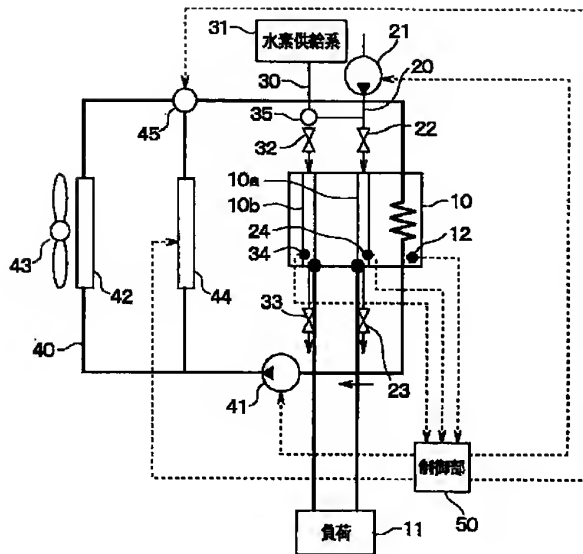
【図 1】上記実施形態の燃料電池システムの概略構成を示す概念図である。

【図 2】図 1 の燃料電池システムの水分除去制御を示すフローチャートである。

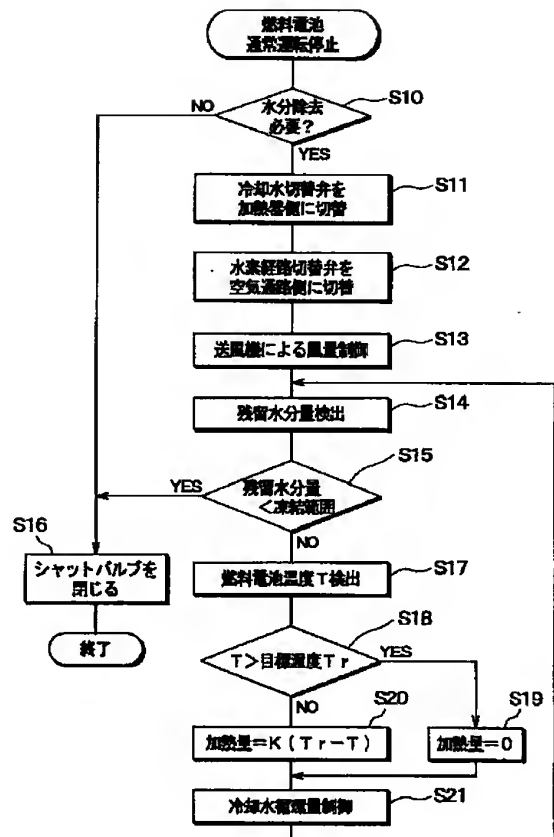
【符号の説明】

10…燃料電池 (FC スタック)、10a…酸素極、10b…水素極、12…温度センサ、20…空気経路、22、23…シャットバルブ、30…水素経路、32、33…シャットバルブ、35…水素経路切替弁、42、43…冷却部、44…加熱部 (加熱手段)、50…制御部 (ECU)。

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

(72)発明者 加藤 晴彦  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内

(72)発明者 岡本 邦夫  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内

(72)発明者 堀田 直人  
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会  
社デンソー内

Fターム(参考) 5H027 AA06 CC04 KK46

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-246054

(43)Date of publication of application : 30.08.2002

(51)Int.Cl.

H01M 8/04

(21)Application number : 2001-035935

(71)Applicant : DENSO CORP

(22)Date of filing : 13.02.2001

(72)Inventor : IMAMURA TOMONORI

SASAKI HIROKUNI

KATO HARUHIKO

OKAMOTO KUNIO

HOTTA NAOTO

## (54) FUEL CELL SYSTEM

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a fuel cell system which is used under a low-temperature environment, capable of removing water inside a fuel cell in a short time, when operation is stopped.

**SOLUTION:** A cooling water path 40 for circulating cooling water in the fuel cell 10 is provided with cooling parts 42, 43 for cooling cooling water, when normal operation of the fuel cell 10 is performed and a heating part 44 for heating cooling water, when water removing operation is performed; and a flow passage of cooling water is constituted so as to switch to cooling part 42, 43 sides or a heating part 44 side. After normal operation of the fuel cell 10 is ended, prescribed dry air is supplied into an air path 20 and a hydrogen path 30, and the flow passage of cooling water is switched to the heating part 44 side so as to heat the fuel cell 10 up to a prescribed temperature.

